

**LA EVOLUCIÓN DEL PAISAJE EN LA TRANSICIÓN AL HOLOCENO.
Desarrollo de un modelo predictivo de vegetación en el Valle del Asón
(Cantabria).**

Alejandro García Moreno*
IIIPC

RESUMEN:

*El conocimiento de la distribución espacial de la vegetación prehistórica, y su evolución a lo largo de la transición al Holoceno, es fundamental para entender los cambios en los patrones de explotación del territorio y de asentamiento que se producen en los grupos de cazadores-recolectores del final del Paleolítico Superior. Para calcular dicha distribución, se emplea un modelo predictivo basado en el método de **weighted values** (valores ponderados), a partir de los requerimientos ecológicos de la vegetación arbórea, analizando su evolución en el Valle del Asón (Cantabria) y su relación con los yacimientos paleolíticos que allí existen.*

PALABRAS CLAVE: Sistemas de Información Geográfica, modelos predictivos, vegetación, transición Younger Dryas – Holoceno, Paleolítico Superior Final, Cantabria.

ABSTRACT:

The spatial distribution of prehistoric vegetation, and its evolution during the Pleistocene-Holocene transition, is essential to understand the changes in the settlement patterns that occurs at the end of the Upper Palaeolithic. To calculate this distribution, we have use a predictive model based in the weighted values method, according to the forest vegetation's ecological requirements, analyzing its evolution in the Asón River Valley (Cantabria) and its relationship with the palaeolithic sites.

KEY WORDS: Geographical Information Systems, predictive models, vegetation, Younger Dryas-Holocene transition, Final Upper Palaeolithic, Cantabria.

* Alejandro García Moreno
Investigador en Formación UC
Instituto Internacional de Investigaciones Prehistóricas de Cantabria
(Unidad Asociada al CSIC).
Universidad de Cantabria. Edif.. Interfacultativo.
Avda. Los Castros, s/n.
39005 Santander

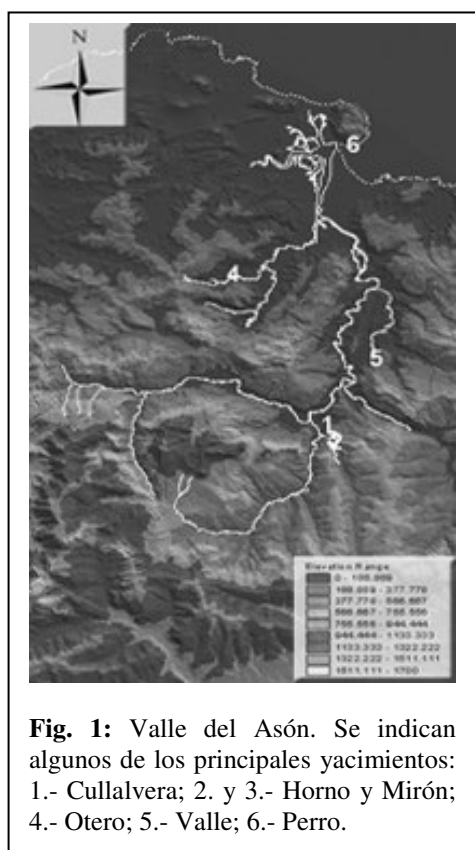
La transición entre el Tardiglacial y el Holoceno Inicial se caracteriza por una serie de importantes cambios climáticos, que debieron modificar enormemente el medio ambiente prehistórico de forma relativamente rápida (Uriarte Cantolla, 2003). Así parece desprenderse de los estudios realizados sobre los sedimentos de los fondos marinos (Rivera Arrizabalaga, 2004) y los núcleos de hielo de Groenlandia (GISP2), en los que se observan cambios relativamente rápidos y bruscos en la composición química de la atmósfera (Mayewski, *et al.*, 1996). Este tipo de análisis ha permitido contextualizar las evoluciones del clima global de una forma mucho más precisa que los métodos empleados a tal efecto hasta los años 80 del siglo XX, como la sedimentología, la palinología y antracología, o los estudios biológicos (arqueozoología, malacología, etc.), aunque éstos siguen siendo fundamentales para comprender la climatología y paleoecología locales.

El conocimiento del medio prehistórico es de gran importancia debido a la influencia que éste debió

ejercer sobre las sociedades de cazadores-recolectores paleolíticos. Esto es especialmente cierto si tenemos en cuenta el corto espacio de tiempo en que dichos cambios sucedieron (debido a los procesos de *feedback positivo*) (Uriarte Cantolla, 2003), así como la velocidad de respuesta de la vegetación (Sánchez Goñi, *et al.*, 2002). Las condiciones ambientales más suaves propiciaron la aparición de nuevos recursos y una distinta disposición espacial de los mismos, lo que pudo modificar los patrones de explotación del medio y la relación del hombre con su entorno (Spikins, 1997). La elección de los lugares de asentamiento y los ciclos de movilidad y estacionalidad estarían en gran parte influidos por la disponibilidad y accesibilidad de los recursos (Duchadeau-Kervazo, 1986; Fano Martínez, 1998), y esto a su vez se reflejaría en los modos de vida paleolíticos. No obstante, no debemos olvidar el importante papel que el bagaje cultural debió jugar en estas sociedades, modificando la forma en que el medio era percibido por sus pobladores, y propiciando la pervivencia de determinadas tradiciones (Silberbauer, 1994).

Desde una óptica determinista, los cambios ambientales se han identificado con las nuevas formas de vida que se desarrollan al final del Paleolítico Superior (Straus, 1992). Estos incluirían, entre otras cosas, una reducción de la movilidad de los grupos humanos, una economía más diversificada o una serie de cambios tecnológicos, provocando un cambio en el modelo de ocupación del territorio (González Morales, *et al.*, 2004; González Sainz, 1989). Si bien es cierto que los cambios climáticos y culturales parecen suceder de forma paralela, el hecho de que los segundos sean consecuencia directa

de los primeros es ampliamente discutible (González Sainz, 1994); más bien, podemos pensar en una conjunción de factores, tanto internos como externos, que den lugar a las transformaciones sociales (Mcglade, 1995). La capacidad del ser humano para transmitir y acumular conocimiento (su *cultura* en definitiva), da lugar a respuestas propias y diversificadas, más allá de los meros condicionamientos medioambientales. A pesar de la influencia que éstos debieron tener sobre unas sociedades que extraían sus recursos del medio natural, los procesos de cambio que en ellas se operaron no se limitarían a una respuesta fija y automática de tipo *causa-efecto*; más bien debió tratarse de una relación dialéctica, en la que las *capacidades culturales* (la tecnología, los lazos sociales, el régimen demográfico, etc.) se integrarían en el *contexto ecológico* de cada momento (entendido como las posibilidades de explotación que el medio ofrecía, a la vez que como una realidad física, interpretable y simbólica).



El valle del río Asón (Cantabria) ofrece un excelente marco de contexto para estudiar estas

transformaciones, gracias a la alta densidad de yacimientos arqueológicos adscritos a estos momentos (fig. 1 y 2). En él, además de los cambios económicos y culturales ya mencionados, parece observarse una evolución en el patrón de asentamiento, puesto que en los momentos finales del Paleolítico se pasan a ocupar nuevas cuevas situadas en los fondos de valle (como el Valle o el Horno), en detrimento de otras localizadas a media ladera, con un amplío dominio sobre el entorno, como el Mirón (Straus, *et al.*, 2002) De igual modo, es en estos momentos cuando se documenta el inicio de una explotación intensiva de los recursos costeros, con la proliferación de yacimientos en la llanura litoral, en los que aparecen importantes concheros (González Morales, *et al.*, 2004).

La influencia de la composición y distribución de la vegetación en estas transformaciones parece evidente, dado que constituye una importante fuente de recursos y debió modificar sensiblemente la percepción que los grupos humanos tenían de su entorno, alterando las áreas de actividad y tránsito (Spikins,

1996; Uzquiano Ollero, 2000). Hasta hace pocos años, los acercamientos al paisaje prehistórico se reducían a definiciones como "*bosque abierto, casi ausente de árboles*" o "*bosque templado de hoja caduca*" (López García, 2000), que aunque proporcionaban una imagen general del tipo de medio, no permitían llevar a cabo un análisis detallado de la disposición de la vegetación y su incidencia en el contexto espacial humano.

La generalización de los Sistemas de Información Geográfica como herramienta arqueológica ha hecho posible el análisis del territorio de una forma impensable hace unas décadas. La posibilidad de tratar numéricamente los componentes del medio físico, en forma de variables, permite delimitar las áreas que se ajustan a determinadas características, en función de unos parámetros concretos (Wescott y Brandon, 2000). Ésta es la base de los modelos predictivos, en los que se calcula la probabilidad de que suceda una determinada respuesta, a partir de unas variables espaciales dadas (Ebert, 2004); en nuestro caso, la probabilidad indicará la susceptibilidad de un área para el

desarrollo de la vegetación, y las variables introducidas serán los requerimientos ecológicos de las especies vegetales identificadas en una serie de diagramas polínicos. Gracias a este método, pueden calcularse las *áreas potenciales de distribución de la vegetación*, que nos permiten hacernos una idea de la situación de las masas forestales en el pasado.

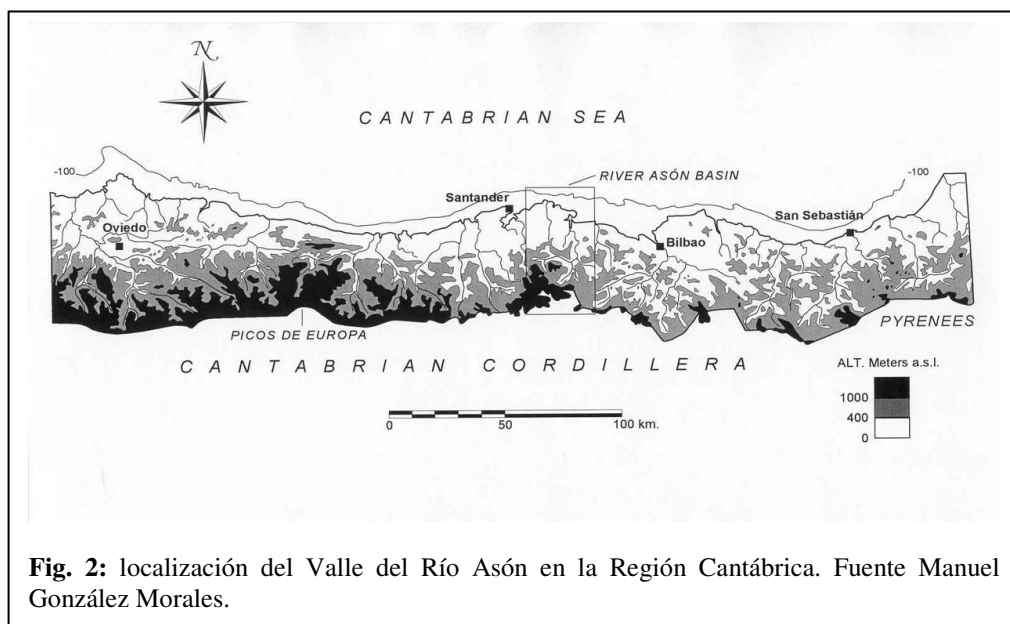
Marco geográfico y cronológico.

El valle del Asón se encuentra en el extremo oriental de la Comunidad Autónoma de Cantabria, lindando con las provincias de Vizcaya y Burgos; forma parte de la denominada *Región Cantábrica*, caracterizada por la presencia de una estrecha franja litoral limitada al sur por la Cordillera Cantábrica, y surcada por valles fluviales generalmente perpendiculares a la costa. El Asón participa en gran medida de estas características, aunque podemos distinguir en su cauce tres tramos claramente diferenciados (Straus, *et al.*, 2002):

- el cauce alto: caracterizado por formaciones montañosas de altitud relativamente elevada, en las que destacan las

formas glaciares. Durante los periodos más fríos de la glaciación Würm, estos fenómenos tuvieron gran desarrollo, especialmente en torno al conjunto de *Valnera* (Castro Valnera, 1.718 m.), aunque es muy probable que en los momentos finales del Tardiglaciario hubiesen ya desaparecido, permitiendo la comunicación con el norte de la Meseta (Castañón Álvarez y Frochoso Sánchez, 1992). Apenas contamos con testimonios arqueológicos de la presencia humana en esta zona durante el Paleolítico Superior.

- los valles interiores: en su cauce medio, el río Asón presenta una inusual orientación oeste-este, paralelo a la Sierra del Hornijo. Aunque de escasa altitud, el valle está flanqueado por alineaciones medias de en torno a 1.000 metros, dando lugar al denominado *Anfiteatro de Ramales*. En él confluyen dos importantes ejes de comunicaciones; uno longitudinal, hacia el País Vasco a través del *Desfiladero de Carranza* o hacia la actual bahía de Santander por el *Puerto de Alisas* (575 m.s.n.m.), y otro perpendicular al primero, en dirección a la Meseta a través del



puerto de *Los Tornos* (920 m.s.n.m.). Sin duda, este hecho propició la ocupación prehistórica de este tramo del valle, como demuestra el elevado número de yacimientos que se concentran en él.

- la llanura litoral: el Asón discurre en su último tramo por una llanura litoral abierta, de suave relieve, dominada por un amplio estuario. Sin embargo, la formación de la actual desembocadura debió producirse en la primera mitad del Holoceno, por lo que la configuración de la costa durante el Tardiglaciario era sensiblemente diferente de cómo es hoy en día. Este hecho entre otros debió influir en la intensificación que se manifiesta en la explotación de los recursos litorales desde finales del Paleolítico, momento en que se ocupan nuevos

asentamientos cercanos al litoral (González Morales, 1998).

El valle del Asón constituye, por lo tanto, un espacio claramente delimitado geográficamente, con una gran diversidad ecológica y topográfica, que da lugar a la existencia de diversos *ambientes* interconectados. Cada uno de estos *ambientes* debió proporcionar a los grupos de cazadores-recolectores prehistóricos distintos espectros económicos y diferentes posibilidades de ocupación, lo que pudo repercutir en la forma en que éstos explotaron su entorno.

El marco cronológico en el que se encuadra la transición al Epipaleolítico puede ser igualmente delimitado *sensu lato*, gracias a la dataciones radiocarbónicas con que

cuentan algunos de los yacimientos arqueológicos del Valle (ver *Tabla 2*). A grandes rasgos, los niveles adscritos al *Magdalenense Superior/Final* o al *Aziliense*, cuya distinción en algunos casos es problemática, van del 15.000 Cal.BP al 11.000 Cal.BP¹, mientras que la datación del nivel 1 del *Abrigo de la Peña del Perro* (Santoña), lleva los comienzos del *Mesolítico* antes del 10.000 Cal.BP (Straus y González Morales, 2003). Estas fechas sitúan el final del Paleolítico en los momentos finales del *Interstadio del Tardiglacial* (oscilación *Alleröd*), todo el *Dryas Reciente* y los comienzos del Holoceno, el *Pre-Boreal*, cronología que coincide con las evidencias paleoclimáticas procedentes de otros yacimientos de la zona centro-oriental del Cantábrico.

Propuesta metodológica.

Si bien es cierto que la vegetación es enormemente adaptable, y que no está sujeta a unos límites rígidos e impermeables, no lo es menos el hecho de que bajo unas determinadas circunstancias puede darse un mayor desarrollo de la misma, según sus necesidades

ecológicas, situación denominada *clímax*. La delimitación de las zonas dentro de nuestra área de estudio que cumplan esos requisitos “... *has to allow one to determine the suitability of each point of the territory for the growth of each type of vegetation.*” (Felicísimo Pérez, *et al.*, 2002: 455).

Así pues, se definieron las necesidades de las especies identificadas en varios diagramas polínicos del oriente cantábrico, y se seleccionaron aquéllas que podían calcularse para nuestro periodo de estudio: la insolación, la altitud máxima y la pendiente del terreno. Estas variables fueron clasificadas según una graduación que indicaba su mayor o menor influencia en el desarrollo vegetal. Mediante el empleo de un SIG, se generaron una serie de *modelos temáticos* representando cada una de las variables, según el valor asignado. La suma de todos ellos mostraba la posibilidad que tenía cada especie de desarrollarse, siempre en función de los factores introducidos (*ver más abajo*).

Aunque este modelo dejaba fuera algunos condicionantes importantes, como la humedad o la

influencia de los vientos, nos ofrecía la posibilidad de observar la pauta general de distribución de la vegetación y su evolución a lo largo del tiempo (por ejemplo, la sustitución de una vegetación de montaña por otra de fondo de valle, etc.). Creemos que, de haber alguna relación entre la presencia de la vegetación y los patrones de movilidad y asentamiento de los grupos de cazadores-recolectores, una visión general de la dispersión de la misma podría ser suficiente para poner ambos factores en relación (Spikins, 1997), permitiéndonos analizar la influencia de los cambios ambientales en las sociedades humanas.

La evidencia paleoclimática.

Los análisis paleoclimáticos a escala global muestran que los cambios ambientales que caracterizan el final del Cuaternario se producen de forma relativamente rápida y brusca (fig. 3), provocando un importante impacto en la vegetación continental (Ellwood, *et al.*, 2001; Mayewski, *et al.*, 1996). Sin embargo, la mejor fuente para conocer la evolución de la

vegetación prehistórica es sin duda la palinología (López García, 2000).

A pesar de las limitaciones propias del método -como pueden ser el diferente grado de polinización de las especies, problemas tafonómicos o de formación de los depósitos, o su enfoque actualista-, que nos obligan a ser cautelosos en la interpretación de los palinogramas, (Dupre Ollivier, 1992; Leroi-Gourhan y Renault-Miskovsky, 1977), éstos nos permiten observar qué *géneros* (o al menos algunos de ellos) estaban presentes en el paisaje cuaternario. Aunque el porcentaje calculado en los diagramas no es directamente proporcional a la presencia de la vegetación en el entorno (Hicks, 1993), la aparición de sus esporas en número suficientemente significativo atestigua la existencia de

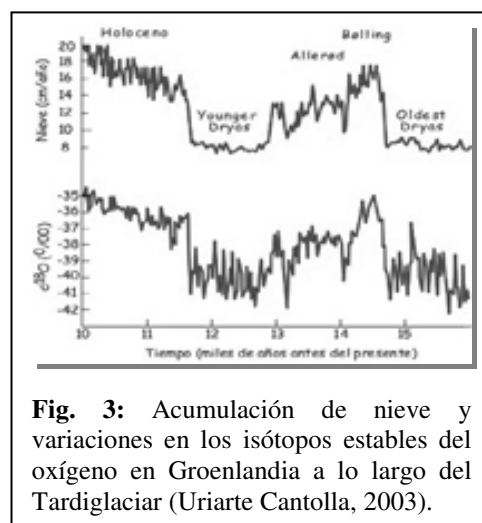


Fig. 3: Acumulación de nieve y variaciones en los isótopos estables del oxígeno en Groenlandia a lo largo del Tardiglacial (Uriarte Cantolla, 2003).

determinados *taxa*.

En el caso del Asón, contamos con los estudios efectuados en El Otero (Leroi-Gourhan, 1966), El Perro (López García, *et al.*, 1996) y Los Tornos (Peñalba, 1994). A éstos se pueden añadir los datos procedentes de las cuevas de El Pendo (González Echegaray, *et al.*, 1980), El Rascaño (Boyer-Klein, 1981), El Salitre (López García, 1981) y Arenaza (Sánchez Goñi, 1993), dada su relativa proximidad geográfica y similar cronología. Todos ellos muestran el claro predominio de *Pinus* (posiblemente la especie *Pinus sylvestris*) y *Corylus* en los niveles asociados al Magdaleniense Superior-Final (13.000-11.500 BP), mientras que en niveles azilienses (11.500-10.000 BP) *Quercus* y otras termófilas están también altamente representadas.

Esta composición refleja evidentemente las fases climáticas del final de la Glaciación; el predominio de *Pinus* y *Corylus* es propio de periodos fríos y secos, que sin duda en el caso de los niveles terminales del Magdaleniense y principios del Aziliense se corresponden con el *Dryas Reciente*.

Por otra parte, en los niveles adscritos al Aziliense Reciente se observa una suavización del clima, con la presencia de géneros adaptados a condiciones más benignas, como sería el caso de *Quercus* y otras termófilas. Sin embargo, la aparición de estas últimas podría responder a dos procesos netamente opuestos; podría deberse al brusco cambio climático del final del *Dryas*, al que la vegetación arbórea respondiese rápidamente, o bien la evolución hacía un paisaje de tipo *atlántico* pudo producirse durante el *Interestadio del Tardiglaciario*, periodo que supone la principal mejora climática antes de la llegada del Holoceno. Las termófilas aparecidas bajo estas condiciones suaves y persistentes habrían soportando los rigores del *Dryas Reciente* guarecidas en refugios microclimáticos, desde los que se extenderían rápidamente con el fin de la glaciación; esto explicaría su temprana aparición ya en los primeros momentos del Holoceno.

Desarrollo del modelo predictivo.

Variables introducidas en el modelo.

Una vez que la vegetación arbórea predominante en la transición al Holoceno fue identificada, era posible definir las condiciones ambientales y topográficas que favorecerían su aparición a lo largo del área de estudio, basándonos en sus requerimientos ecológicos actuales. Sin embargo, algunas de las principales variables que influyen en su desarrollo, como la humedad relativa, la pluviometría o el efecto de los vientos dominantes, debían quedar excluidas del modelo predictivo, dado que era imposible calcularlas para esos momentos. No obstante, otras igualmente importantes sí podían ser obtenidas o calculadas, asumiendo que las variaciones que han podido experimentar desde entonces no condicionaban el resultado final; con ellas es posible realizar una primera aproximación a la posible distribución de la vegetación. Estas variables fueron el *rango altitudinal* de aparición de cada especie, la *pendiente máxima* que soportan, y la *insolación mínima* que requieren para su desarrollo, calculadas para diferentes momentos del año.

La *altitud* es uno de los factores que más condicionan la aparición de la vegetación, especialmente en su límite superior, que indica la *línea de bosque*, es decir, el máximo que puede soportar según las condiciones del entorno (Frenzel, 1993). Aunque estos límites fluctúan en función de variantes locales, pueden establecerse unos *rangos de altitud* que marcan el ideal para cada especie arbórea. Los géneros que aparecen en los palinogramas cuaternarios están muy bien representados tanto en la Cordillera Cantábrica como en los Pirineos, por lo que tomamos sus márgenes actuales para establecer los rangos de altitud pasados (Frenzel, 1993; Montserrat Martí, 1992).

Sin embargo, estos límites dependen de la temperatura ambiente, y varían en función de la misma; a menor temperatura, el límite de bosque desciende. Los rangos de altitud actuales fueron por lo tanto modificados para ajustarlos a las condiciones ambientales del final del Pleistoceno y los comienzos del Holoceno. Para ello, se aplicó un *gradiente térmico* de $0{,}65^{\circ}\text{C} / 100 \text{ m.}$; es decir, la línea de bosque se hizo descender 100 metros por cada

0,65°C de diferencia con respecto a la temperatura media actual. Basándonos en las líneas de equilibrio de diversos glaciares cantábricos y pirenaicos (Castañón Álvarez y Frochoso Sánchez, 1992; Chueca Cia, 1992), se estableció un rango de temperaturas que iba desde -4°C con respecto a la actualidad hasta -1°C, simulando de este modo la mejora climática acaecida al final del Würm (ver *Tabla 3*).

Un segundo factor limitante es la *pendiente* del terreno sobre el que se asienta la vegetación. Aunque no es absolutamente restrictiva, una inclinación excesiva puede dificultar el crecimiento arbóreo, en especial en determinados géneros, como *Fagus*. Por ello, se establecieron dos límites orientativos, uno de 15° de desnivel para especies propias de terrenos llanos (como las que componen el bosque mixto caducifolio) y otro de 45° para géneros más montanos, como *Pinus* o *Quercus* (Gómez Manzaneque, 1997).

Se decidió no incluir el sustrato geológico en el modelo predictivo, ya que ninguno de los principales géneros identificados en

los palinogramas presentaba grandes condicionamientos edáficos. En cualquier caso, todos ellos tenían preferencia por los suelos *básicos* (Gómez Manzaneque, 1997), tipo de formación predominante en nuestro área de estudio, mayoritariamente calcárea, por lo que la inclusión de esta variable no aportaba ninguna información relevante.

La última variable considerada fue la *insolación*, es decir, la cantidad de luz solar que recibía el valle, ya que es uno de los principales condicionantes al desarrollo de la vegetación (Frenzel, 1993). El caso más evidente es el de *Pinus*, un género con altas necesidades lumínicas, aunque no lo es tanto para *Quercus* o *Fagus*, que pueden darse en condiciones de baja luminosidad. Dado el importante efecto de *ocultamiento topográfico* que el relieve montañoso podría tener sobre el terreno, fue necesaria la simulación de la insolación potencial para efectuar este cálculo, puesto que la simple orientación de las laderas no era significativa (Felicísimo Pérez, 1998).

Generación de la cartografía temática.

Una vez definidas las preferencias de cada especie, se debían acotar las zonas dentro de nuestro área de estudio que reuniesen dichas condiciones. Esto es posible gracias al empleo de los Sistemas de Información Geográfica, que permiten descomponer el territorio en diferentes *capas* temáticas, cada una de ellas representando de forma numérica una propiedad continua del medio físico, como la altitud o la pendiente. De este modo, pueden seleccionarse aquellas zonas que se encuentren dentro de un rango determinado (por ejemplo, la superficie comprendida entre 500 y 1.000 metros de altitud); por otra parte, también es posible reclasificar cada variable para asignarle un valor cualquiera. Estas dos funciones son la base del método de *valores ponderados (weighted values)*, en el cada variable es calificada según su importancia en la predicción.

El formato elegido para la creación de la cartografía fue *raster*, basado en la creación de una malla regular de celdas. Este tipo de formatos permiten la combinación de diferentes capas temáticas, mediante la suma del valor de cada celda,

siendo por ello los más adecuados a nuestro propósito.

En primer lugar, se generó un *Modelo Digital de Elevaciones (MDE)*, basado en la cartografía 1:25.000 del *Instituto Geográfico Nacional*, y creado mediante el método de interpolación *Inverse Distance Weighting (IDW)* (Hageman y Bennett, 2000), empleando para ello el software *ArcView 3.2* de ESRI. Cada celda de la malla correspondía a 625 m² en la realidad (25x25 metros), y representaba de forma continua la elevación del terreno, permitiendo seleccionar aquellas áreas incluidas dentro del rango altitudinal indicado por los requerimientos de cada especie.

A partir del MDE, se generó un *modelo de pendientes*, que simulaba el desnivel del terreno, expresado como la diferencia de altitud entre los vértices de cada celda, y que serviría para reducir la probabilidad de crecimiento de la vegetación en zonas de relieve demasiado abrupto.

Cálculo de la insolación potencial.

La *insolación potencial* se mide como la cantidad de radiación solar que recibe un determinado área por unidad de tiempo, en una situación ideal de ausencia de nubosidad. Ésta depende del ángulo que forma el Sol con respecto a la Tierra (indicado por su *elevación* y su *azimuth*) a lo largo del día, y del efecto de *ocultamiento* que el relieve provoca sobre la superficie (Pons, 1996). Para hallar la insolación total de un día cualquiera, se debían generar varios *modelos de insolación* en intervalos de tiempo regulares (por ejemplo, de una hora desde el orto hasta el ocaso), que sumandos mostraban el total de horas de luz recibida sobre una superficie dada (que en nuestro caso sería cada celda del *MDE*) (Felicísimo Pérez, 1998).

En el caso de la vegetación arbórea, existen dos periodos fundamentales que marcan sus ciclos vitales (Frenzel, 1993). Durante el verano se produce la mayor parte del crecimiento, condicionado por la cantidad de luz que los árboles reciben; es por lo tanto el momento en que sus necesidades de insolación son mayores, especialmente en géneros heliófilos como *Pinus*. Por el contrario, durante los meses

invernales la insolación es mucho menor, pudiendo limitar el desarrollo de la vegetación en determinadas zonas de umbría.

La insolación recibida en cada estación se calculó extrayendo la media de la de los meses que las componen, estimada a su vez a partir del “*día para el cual la radiación exoatmosférica es más parecida a la media mensual para el mes considerado.*” (Pons, 1996: 90)². El modelo obtenido para el verano se denominó *insolación máxima*, entendiendo que aquellas zonas que recibían más de nueve horas de luz solar media eran propicias para el crecimiento de la vegetación; por otro lado, las superficies en las que la media invernal era inferior a tres horas diarias se consideraron menos adecuadas, generando un modelo de *insolación mínima*.

Modelo predictivo de vegetación.

El método empleado en la creación del modelo predictivo fue el de *valores ponderados*. Dicho método se basa en el cálculo de la probabilidad de que suceda una determinada respuesta frente a una serie de condicionantes, a partir de la

asignación de un valor específico a cada variable considerada en el modelo (valor = α), en función de su importancia en la predicción; en nuestro caso, los condicionantes son las preferencias ecológicas de la vegetación, y la respuesta a predecir la probabilidad de desarrollo de la misma. Es por lo tanto un método inductivo, puesto que es el propio investigador quien decide cuánta importancia tiene cada variable, potenciando unas frente a otras, y establece el valor de las mismas *a priori*. Dada su subjetividad, es necesario un análisis detallado de las variables, de forma que el valor α no condicione el resultado de la predicción (Dalla Bona, 2000; Ebert, 2004).

Para la predicción de la presencia de la vegetación, se asignaron los valores α más altos a aquellas variables que más condicionan el crecimiento arbóreo, como la *altitud* ($\alpha = 4$) y la *insolación máxima* ($\alpha = 3$), mientras que los más bajos sirvieron para incluir en el modelo aquellos factores que no son fundamentales, pero que pueden tener cierta influencia en su desarrollo; en este caso la *insolación mínima*, clasificada con $\alpha = 2$, y por

último la pendiente, $\alpha = 1$. De esta manera, la mayor puntuación refleja la distribución de la vegetación en *pisos ecológicos* así como sus márgenes altitudinales (*líneas de bosque*), junto a la importancia que tiene la insolación estival, momento en que se produce el mayor crecimiento de los individuos. Por otra parte, tiene en cuenta la posible presencia de zonas con escasa o nula radiación solar durante el invierno a la vez que considera la pendiente como un factor ligeramente limitante, aunque no esencial.

A su vez, dentro de cada una de las variables, deben diferenciarse los

rangos en los que la importancia predictiva de la variable sea mayor o menor. Cada uno de esos niveles es reclasificado según su importancia, asignándole un valor β al igual que se hizo para las variables (α). En el caso de la altitud, por ejemplo, se definió el rango que marcaba el límite idóneo de crecimiento de cada especie, otorgándole al mismo el valor β más alto, mientras

que las zonas por encima y por debajo tenían β más bajos (Tabla 1).

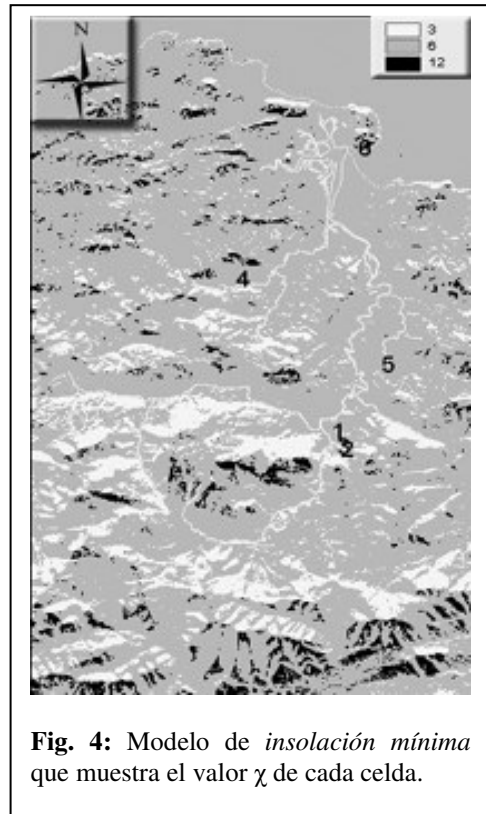
ALTITUD			
Valor Variable (α)	Rango	Valor Rango (β)	Valor Celda (χ)
4	0 – 550 m.s.n.m.	1	4
4	550 – 1.550 m.s.n.m.	3	12
4	> 1.550 m.s.n.m.	2	8

Tabla 1: ejemplo del cálculo del valor ponderado de una variable (χ), en este caso, la altitud para *Pinus* con -3°C respecto a la actualidad.

El valor definitivo de las celdas que componían los distintos modelos temáticos, χ , se obtuvo mediante el producto del valor de las variables por el de sus rangos, es decir:

$$\chi = \alpha * \beta$$

Cada uno de los mapas temáticos fue reclasificado para asignar a las celdas que los componían el valor χ ; de esta forma, se obtuvieron cuatro capas diferentes, una por cada variable incluida en el modelo (fig. 4).



El modelo predictivo definido, que mostraba la probabilidad total de desarrollo de la vegetación, teniendo en cuenta las cuatro variables consideradas, se obtuvo de la combinación de las capas temáticas, sumando el valor χ de cada celda:

$$P(a) = \chi_{1a} + \chi_{2a} + \dots + \chi_{na}$$

$$P(b) = \chi_{1b} + \chi_{2b} + \dots + \chi_{nb}$$

donde $P(a)$ es la probabilidad de desarrollo de la especie a para cada celda, χ_1 es el valor ponderado de esa celda (χ) para la variable 1, calculada para la especie a ; χ_{2a} es el valor ponderado χ para la segunda variable, etc. El resultado de aplicar

esta fórmula en todas las celdas es un modelo predictivo que muestra las áreas más adecuadas para el desarrollo de cada especie arbórea.

Patrones de ocupación del territorio.

En total se obtuvieron doce *modelos predictivos* diferentes, cuatro por cada uno de los géneros arbóreos, que simulaban su evolución desde una situación con temperaturas 4°C inferiores a la actualidad, hasta una de -1°C, calculados en intervalos de un grado centígrado. (fig. 5, 6 y 7) Éstos indicaban su distribución “*ideal*” de acuerdo a las variables consideradas, lo que nos permitía plantear la posible ordenación espacial de la vegetación durante la transición al Holoceno.

Según lo observado en los diagramas polínicos, *Pinus* constituye la vegetación dominante a lo largo del Tardiglaciario, aunque las muestras de termófilas que aparecen también en niveles estadiales están hablándonos de su presencia en esos momentos. Aunque la amplia dispersión que se observa de *Quercus* y del *bosque mixto* en los primeros modelos de dispersión no

se corresponde con la situación que parecen mostrar los análisis palinológicos del final del Würm, sí indican que éstas podrían haberse mantenido incluso durante las fases frías del Tardiglaciario, aunque probablemente su extensión se restringiese a las zonas más resguardadas. Por el contrario, en los niveles post-glaciares sí se aprecia la presencia importante de géneros templados, que podrían haber alcanzado buena parte de la extensión ideal calculada para ellas.

El análisis del conjunto de los modelos permite plantear que el núcleo principal de dispersión de la vegetación arbórea se trasladase desde las zonas medias y altas hacia la costa. Esto es debido a que las masas de *Pinus* que habían dominado el Tardiglaciario, propias de ambientes frescos y menos húmedos, van retirándose hacia las regiones más montañosas a medida que la temperatura media global y la humedad ascienden; a su vez, las tierras bajas son rápidamente pobladas por especies propias de climas más templados, principalmente *Quercus petraea* y *robur*, además de diversas termófilas que componen el denominado

bosque mixto, como *Fagus*, *Alnus*, *Betula*, *Ulmus*, etc. Mientras que las primeras se distribuyen por las áreas de media montaña y los valles interiores, éstas últimas ocupan las zonas bajas cercanas al litoral y los fondos de valle. No obstante, la presencia de vegetación en los fondos de valle debió producirse también en los momentos fríos, dado su carácter resguardado, lo que haría de ellos refugios vegetales; sin embargo, en periodos de condiciones climáticas más favorables, esta vegetación debió prosperar y expandirse más allá de las zonas refugio.

Cabe destacar la gran variabilidad que muestra el paisaje según esta simulación, a medida que se va aumentando la temperatura. Una subida térmica de *tan sólo* un grado centígrado supone un desplazamiento considerable de las áreas potenciales de distribución de cada género. Es evidente que la reacción de la vegetación arbórea a los cambios climáticos no es instantánea, pero sí lo suficientemente rápida como para responder a las fluctuaciones climáticas ocurridas al final del Würm (Sánchez Goñi, *et al.*, 2002);

el paisaje del valle del Asón debió ser por tanto muy cambiante a lo largo del Tardiglaciario.

Por el contrario, las transformaciones sociales que tienen lugar en el seno de las poblaciones humanas del final del Paleolítico parecen seguir un ritmo distinto; se producen toda una serie de cambios económicos, tecnológicos o simbólicos. Así pues, se observa una despolarización de la actividad cinegética, pasándose de un espectro de caza centrado fundamentalmente en el ciervo y la cabra, a otro más diversificado, observable por ejemplo en la intensificación de la pesca y la recolección de moluscos marinos (González Morales, 1999). Este cambio en el patrón de explotación del medio se interpreta como una reducción de la movilidad de los grupos de cazadores-recolectores. Desde el punto de vista tecnológico, asistimos por un lado a la consolidación de la industria elaborada sobre hueso, que alcanza su máxima especialización con la aparición de *arpones*, mientras que se produce un proceso de *microlitización* en la fabricación de útiles líticos. Por último, debe tener lugar también un cambio en el

universo simbólico de estas sociedades, puesto que el arte figurativo propio del Paleolítico Superior deja paso a otro de tipo esquemático, que se prolonga a lo largo del Aziliense (González Sainz, 1989). Sin embargo, tal y como apunta González Sainz, “... *tales tendencias de cambio en el aprovechamiento económico no parecen desarrollarse de forma paulatina y lineal*” (1989: 270), lo que nos está indicando que las evoluciones culturales siguen una dinámica propia, y no directamente relacionada con la del medio ambiente.

De igual modo, los cambios en el patrón de explotación y ocupación del territorio parecen haberse originado antes de la consolidación de la mejora climática y del desarrollo de la vegetación holocena. Los asentamientos que pasan a ocuparse al final del Paleolítico Superior se localizan en los fondos de valle, como el caso del Horno, Cullalvera o el Valle, frente a otros situados en las laderas medias, como el Mirón (Straus, *et al.*, 2002); esto supone sacrificar una posición dominante (e inefectiva en presencia de una vegetación espesa) en aras de

una mayor accesibilidad a los recursos. Igualmente, aparecen nuevos yacimientos emplazados en la llanura litoral, como el Otero, la Chora, el Perro o la Fragua (González Morales, 1998), que no sólo tienen un mejor acceso a la costa y sus recursos, sino que además se localizan en la zona más *apta* para la aparición de la vegetación termófila. Los niveles adscritos al Magdalenense Superior-Final de estos yacimientos (Perro 3, Valle C, Horno 2, Otero 3-2, Fragua 4) corresponden al *Dryas Reciente*, lo que significa que ya se estaban ocupando antes del fin definitivo de las condiciones glaciares.

Es evidente entonces que las alteraciones ambientales del final del Würm no pueden entenderse como el desencadenante ni el motor conductor del cambio en el patrón de ocupación del territorio producido al final del Paleolítico. No obstante, es posible que el *contexto ecológico* en el que tuvieron lugar dichas transformaciones culturales también hubiese sido modificado con anterioridad al *Dryas Reciente*.

El Tardiglacial es un periodo altamente inestable, en que se

suceden toda una serie de fluctuaciones climáticas, alternando unas fases estadiales con otras netamente más templadas; entre estas últimas destaca el *Interestadio del Tardiglacial* (las fases *Bölling-Dryas II-Allërod* de la secuencia polínica tradicional), un momento en el que se produce una fuerte deglaciación y un aumento considerable de las temperaturas (Uriarte Cantolla, 2003) (fig. 8). Durante esta fase debió darse una importante reforestación, similar a la acontecida tras el fin de la glaciación, como parecen indicar los diagramas polínicos de estos momentos (López García, 2000). La consolidación de las masas arbóreas pudo haber tenido dos consecuencias en el poblamiento humano, dentro del marco de transformaciones que estaban teniendo lugar en esos momentos, relacionadas entre sí: en primer lugar, un cambio en la localización de los recursos vegetales, que sin duda debieron proporcionar buena parte de la dieta y las materias primas de los grupos cazadores-recolectores, centrándose dicha explotación en la plataforma costera y los valles bajos. De igual manera, los bosques interiores se asocian ineludiblemente a los cauces fluviales (que discurren por los

fondos de los valles), en un momento en el que se produce una intensificación de la pesca (González Morales, 1999), mientras que el espectro de fauna cazada tiende a diversificarse, pasando a abatirse algunas especies propias de ambientes boscosos (como el jabalí o el corzo). En segundo lugar, la aparición de masas arbóreas más densas, que dan lugar a un paisaje cerrado, podría dificultar los movimientos humanos, que se canalizarían en gran medida a través de los cursos de agua (Spikins, 1996), reduciendo las posibilidades de movilidad de los grupos de cazadores-recolectores.

El desarrollo de una importante vegetación arbórea como consecuencia del *Interestadio del Tardiglacial*, mantenida probablemente durante el *Dryas Reciente*, aunque en menor medida, debió ofrecer un *contexto ecológico* diferente, que si bien no tuvo por qué estar en el origen de las transformaciones culturales, si debió participar de ese proceso de cambio, reforzando o dinamizando algunas tendencias motivadas por otros factores de tipo social, demográfico, etc.

CONCLUSIÓN

Hemos comprobado cómo, a partir de los requerimientos ecológicos de la vegetación arbórea identificada en los diagramas polínicos fósiles, es posible plantear una serie de modelos predictivos que muestren su *distribución potencial*. Si bien dichos modelos están limitados por cuanto desconocemos algunas de las variables que condicionan el desarrollo de la vegetación, podemos inferir la dinámica que ésta siguió al final de la Glaciación Würm. La sustitución de los bosques de *Pinus* característicos de zonas montañosas, por otros de tipo caducifolio dominados por *Quercus*, supuso la aparición de importantes masas forestales en la llanura litoral y los valles bajos, modificando el paisaje en el que se desarrollaba la vida de

los grupos de cazadores-recolectores paleolíticos. Esta evolución pudo haber influido en el desarrollo de un nuevo patrón de explotación del territorio, que se manifestaría en la ocupación de asentamientos ligados más directamente a los nuevos recursos. La contrastación de esta hipótesis con el registro arqueológico y con otras variables ambientales, nos permitirá definir en qué medida el medio ambiente influyó en ellos.

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo forma parte de una investigación financiada por una beca Predoctoral de la Universidad de Cantabria.

¹ INTCAL 04, 2σ, CalPal.

² Según Pons (1996), estos días son, de enero a diciembre: 19, 15, 16, 15, 15, 14, 19, 17, 16, 16, 15, 14.

Fig. 5: Probabilidad de distribución potencial de *Pinus*, correspondiente a una corrección térmica con respecto a la actualidad de -4°C (*arriba, izda.*); -3°C (*ariba, dcha.*); -2°C (*abajo, izda.*) y -1°C (*abajo, dcha.*). La probabilidad se basa en las variables introducidas en el modelo predictivo.

Fig. 6: Distribución potencial de *Quercus*, con una corrección térmica con respecto a la actualidad de -4°C (*arriba, izda.*); -3°C (*ariba, dcha.*); -2°C (*abajo, izda.*) y -1°C (*abajo, dcha.*).

Fig. 7: Distribución potencial del *bosque mixto*, con una corrección térmica con respecto a la actualidad de -4°C (*arriba, izda.*); -3°C (*ariba, dcha.*); -2°C (*abajo, izda.*) y -1°C (*abajo, dcha.*). La composición de este tipo de bosque es variada, pero incluye *Quercus*, *Fagus*, *Ulmus*, etc.

YACIMIENTO	NIVEL	ADSCRIPCION	REF.LAB.	FECHA B.P.	CAL. B.P.*	MATERIA
El Valle	I	Magdalenense Superior	GX-24640	13.820±610	16.560±910	Carbón
El Mirón	12	Magdalenense Superior	GX-22132	12.970±70	15.320±120	Carbón
La Fragua	4	Magdalenense Superior	GrN-29440	12.960±50	15.310±100	Hueso
El Mirón	308	Magdalenense Superior	GX-28210	12.350±180	14.430±320	Carbón
El Horno	2	Magdalenense Superior	GX-27456	12.250±190	14.300±330	Hueso
El Perro	3	Magdalenense Superior-Final	GrN-20962	12.140±180	14.130±280	
El Mirón	102.1	Magdalenense Final / Aziliense	GX-23417	11.950±70	13.830±80	Hueso
El Mirón	11.1	Magdalenense Final / Aziliense	GX-23391	11.720±140	13.580±150	Hueso
El Mirón	306	Magdalenense Final / Aziliense	GX-24468	11.650±50	13.510±80	Hueso
El Valle	II	Aziliense	GX-24638	11.130±170	13.060±130	Carbón
El Valle	III	Aziliense	GX-23798	11.040±150	13.010±110	Carbón
El Valle	III	Aziliense	GX-23799	11.050±150	13.010±110	Carbón
El Valle	Superf.	Aziliense	GX-24639	10.120±280	11.820±480	Carbón
El Perro	2	Aziliense	GrN-18116	10.160±110	11.790±240	Carbón
El Mirón	IC	Aziliense	GX-27531a	10.740±170	12.650±210	Diente
El Mirón	IC	Aziliense	GX-27531c	10.390±50	12.280±130	Diente
El Mirón	305	Aziliense	GX-24467	10.270±50	12.030±130	Hueso
La Fragua	3	Aziliense	GrN-20966	9.600±140	10.930±200	Carbón
El Perro	1	Mesolítico	GrN-18115	9.260±110	10.450±140	Carbón

Tabla 2: dataciones radiocarbónicas disponibles para algunos yacimientos del Valle del Asón. Calibración: INTCAL '04, 2σ (CalPal)

TEMPERATURAS	GRADIENTE TÉRMICO	<i>Pinus sylvestris</i>	<i>Quercus petraea</i>	<i>Bosque mixto</i>
± 0 °C	- 0 m.	1.000-2.000 m.	600-1.000 m.	300-600 m.
-0'5 °C	- 75 m.	925-1.925 m.	525-925 m.	225-525 m.
-1 °C	-150 m.	850-1.850 m.	450-850 m.	150-450 m.
-1'5 °C	- 230 m.	770-1.770 m.	370-770 m.	70-370 m.
-2 °C	- 300 m.	700-1.700 m.	300-700 m.	0-300 m.
-2'5 °C	- 385 m.	615-1.615 m.	215-615 m.	0-215 m.
-3 °C	- 450 m.	550-1.550 m.	150-550 m.	0-150 m.

Tabla 3: Rangos altitudinales de la vegetación, en función de la temperatura, aplicando un gradiente térmico de 0'65 °C/100 metros.

REFERENCIAS

- BOYER-KLEIN, A.(1981): "Análisis palinológico del Rascaño". En: GONZÁLEZ ECHEGARAY, JOAQUIN;BARANDIARAN MAESTU, IGNACIO (eds.), *El Paleolítico Superior de la Cueva del Rascaño (Santander)*; pp. 216-220. Centro de Investigación y Museo de Altamira; Santander.
- CASTAÑÓN ÁLVAREZ, JUAN CARLOS; FROCHOSO SÁNCHEZ, MANUEL(1992): "La Glaciación Würm en las montañas cantábricas". En: CEARRETA, ALEJANDRO;MURRAY, JOHN W. (eds.), *The Late Quaternary in the Western Pyrenean region*; pp. 319-332. Universidad del País Vasco; Bilbao.
- CHUECA CIA, JAVIER(1992): "Estimación de paleotemperaturas durante el Pleistoceno Final: Pirineo Central español". *Estudios Geográficos*, 53, nº 207: 241-263.
- DALLA BONA, LUKE(2000): "Protecting cultural resources through Forest Management Planning in Ontario using Archaeological Predictive Modeling." En: WESCOTT, KONNIE;BRANDON, JOE (eds.), *Practical applications of GIS for archaeologist. A predictive modeling kit.*; pp. 73-100. Taylor&Francis; London.
- DUCHADEAU-KERVAZO, CH.(1986): "Les sites paléolithiques du bassin de la Dronne (nord de l'Aquitaine). Observations sur les modes et emplacements." *Bulletin de la Société Préhistorique Française*, 83, nº 2: 56-64.
- DUPRE OLLIVIER, MICHELE(1992): "Palinología". *Cuadernos Técnicos de la Sociedad Española de Geomorfología*, 5: 3-30.
- EBERT, DAVID(2004): *Predictive modeling and the Ecology of Hunter-Gatherers of the Boreal Forest of Manitoba*. BAR International Series,1221. Archaeopress; Oxford.
- ELLWOOD, BROOKS B.; HARROLD, FRANCIS B.; BENOIST, STEPHEN L.; STRAUS, LAWRENCE G.; GONZÁLEZ MORALES, MANUEL; PETRUSO, KARL; BICHO, NUNO F.; ZILHAO, JOAO; SOLER, NARCIS(2001): "Paleoclimate and intersite correlations from Late Pleistocene/Holocene cave sites: results from Southern Europe." *Geoarchaeology*, 16 (4): 433-463.
- FANO MARTÍNEZ, MIGUEL ÁNGEL(1998): *El hábitat Mesolítico en el Cantábrico Occidental. Transformaciones ambientales y Medio Físico durante el Holoceno Antiguo*. BAR International Series,732. Archaeopress; Oxford.
- FELICISÍMO PÉREZ, ÁNGEL M.(1998): "Apéndice 1. Información adicional sobre la modelización de la insolación potencial". En: FANO MARTINEZ, MIGUEL ANGEL (ed.), *El hábitat Mesolítico en el Cantábrico Occidental. Transformaciones ambientales y Medio Físico durante el Holoceno Antiguo*; pp. 108-113. Archaeopress; Oxford. BAR International Series
- FELICÍSIMO PÉREZ, ÁNGEL M.; FRANCÉS, E.; FERNÁNDEZ, J.M.; GONZÁLEZ DÍEZ, A.; VARAS, J.(2002): "Modelling the potencial distribution of forest with a GIS". *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 68, nº 5: 455-461.
- FRENZEL, BURKHARD (ed.)(1993): *Oscillations of the Alpine and Polar Tree Limits in the Holocene*. Gustav

Fischer Verlag. Stuttgart. Paleoclimate Research,9

GÓMEZ MANZANEQUE,
FERNANDO (ed.)(1997): *Los bosques ibéricos*. Planeta. Barcelona

GONZÁLEZ ECHEGARAY,
JOAQUIN; FREEMAN, L.G.;
BARANDIARAN MAESTU,
IGNACIO; APELLANIZ, JOSE
MARÍA; BUTZER, KARL W.;
FUENTES VIDARTE, C.;
MADARIAGA, BENITO;
GONZÁLEZ MORALES, J.A.;
LEROI-GOURHAN, ARLETTE(1980):
El yacimiento de la Cueva de El Pendo
(*Excavaciones 1953-57*). Biblioteca
Praehistorica Hispana,17. Consejo
Superior de Investigaciones Científicas;
Madrid.

GONZÁLEZ MORALES,
MANUEL(1998): "La prehistoria en
Santoña". *Monte Buciero*, 2: 17-28.

GONZÁLEZ MORALES,
MANUEL(1999): "El País del agua: el
uso de los recursos acuáticos en la
prehistoria cantábrica", *I Encuentro de*
Historia de Cantabria; pp. 191-208.
universidad de Cantabria; Santander.

GONZÁLEZ MORALES, MANUEL;
STRAUS, LAWRENCE G.; DÍEZ
CASTILLO, AGUSTIN; RUIZ COBO,
JESÚS(2004): "Postglacial Coast &
Inland: the Epipaleolithic - Mesolithic -
Neolithic transitions in the Vasco-
Cantabrian Region". *Munibe*, 56: 61-78.

GONZÁLEZ SAINZ, CÉSAR(1989):
El Magdaleniense Superior-Final de la
región cantábrica. Tantin; Santander.

GONZÁLEZ SAINZ, CÉSAR(1994):
"Sobre la cronoestratigrafía del
Magdaleniense y Aziliense en la Región
Cantábrica". *Munibe (Arqueología-
Arkeologia)*, 46: 53-68.

HAGEMAN, JON B.; BENNETT,
DAVID A.(2000): "Construction of
Digital Elevation Models for
archaeological applications." En:
WESCOTT, KONNIE; BRANDON,
JOE (eds.), *Practical applications of*
GIS for archaeologist. A predictive
modeling kit.; pp. 113-129.
Taylor&Francis; London.

HICKS, SHEILA(1993): "The use of
recent pollen rain records in
investigating natural and anthropogenic
changes in the polar tree limit in
Northern Fennoscandia." En:
FRENZEL, BURKHARD (ed.),
Oscillations of the Alpine and Polar Tree
Limits in the Holocene; pp. 5-18.
Gustav Fischer Verlag; Stuttgart.
Paleoclimate Research

LEROI-GOURHAN, ARLETTE(1966):
"Análisis polínico en El Otero". En:
GONZÁLEZ ECHEGARAY,
JOAQUIN (ed.), *Excavaciones en la*
Cueva del Otero. Excavaciones
Arqueológicas en España; Santander.

LEROI-GOURHAN, ARLETTE;
RENAULT-MISKOVSKY, J.(1977):
"La palynologie appliquée a
l'archéologie. Méthodes, limites et
résultats". En: LAVILLE,
HENRI;RENAULT-MISKOVSKY,
JOSETTE (eds.), *Approche écologique*
de l'homme fossil; pp. 35-49. Université
Pierre et Marie Curie; Paris.

LÓPEZ GARCÍA, P.; LÓPEZ SÁEZ,
J.A.; UZQUIANO, P.(1996):
"Paleoambiente y hábitat en las
Marismas de Cantabria en los inicios
del Holoceno: el caso del Abrigo de la
Peña del Perro". En: RAMIL, P., et al.
(eds.), *Biogeografía Pleistocena-
Holocena de la Península Ibérica*; pp.
333-348. Xunta de Galicia; Santiago de
Compostela.

LÓPEZ GARCÍA, PILAR(1981): "Los
pólenes de la Cueva de El Salitre".

Trabajos de Prehistoria, 38, nº 1: 93-96.

LÓPEZ GARCÍA, PILAR(2000): "La reconstrucción del clima a través de la Palinología". En: GARCÍA CODRÓN, JUAN CARLOS (ed.), *La reconstrucción del clima en época preindustrial*; pp. 123-146. Universidad de Cantabria; Santander.

MAYEWSKI, PAUL; BUCHLAND, PAUL C.; EDWARDS, KEVIN J.; LMECKER, LOREN D.; O'BRIEN, SUZANNE(1996): "Climate change events as seen in the Greenland Ice Core (GISP2). Implications for the Mesolithic of Scotland." En: POLLARD, TONY;MORRISON, ALEX (eds.), *The Early Prehistory of Scotland.*; pp. 74-84. Edinburgh University Press; Edinburgh.

MCGLADE, JAMES(1995): "Archaeology and the ecodynamics of human-modified landscapes". *Antiquity*, 69: 113-132.

MONTSERRAT MARTÍ, JOAN MARÍA(1992): *Evolución glacial y postglacial del clima y la vegetación en la vertiente sur del Pirineo: estudio palinológico*. Monografías del Instituto Pirenaico de Ecología,6. Consejo Superior de Investigaciones Científicas; Zaragoza.

PEÑALBA, MARÍA CRISTINA(1994): "The History of the Holocene Vegetation in Northern Spain from pollen analysis." *Journal of Ecology*, 82 nº 4: 815-832.

PONS, XAVIER(1996): "Estimación de la radiación solar a partir de Modelos Digitales de Elevaciones. Propuesta metodológica." En: JUARISTI, J.;MORO, I. (eds.). VII Coloquio de Geografía Cuantitativa, Sistemas de Información Geográfica y

Teledetección., Vitoria-Gasteiz, 1996; pp. 87-94. Universidad del País Vasco.

RIVERA ARRIZABALAGA, ANGEL(2004): "Paleoclimatología y cronología del Würm reciente: un intento de síntesis". *Zephyrus*, 57: 27-53.

SÁNCHEZ GOÑI, MARÍA FERNANDA(1993): *De la taphonomie pollinique à la reconstitution de l'environnement. Le exemple de la région cantabrique*. BAR International Series,586. Hadrian Books; Oxford.

SÁNCHEZ GOÑI, MARÍA FERNANDA; CACHO, I.; TURON, J.-L.; GUIOT, J.; SIERRO, F.J.; PEYPOUQUET, J.-P.; GRIMALT, J.O.; SHACKELTON, N.J.(2002): "Synchronicity between marine and terrestrial responses to millennial scale climatic variability during the last glacial period in the Mediterranean region". *Climate Dynamics*, 19: 95-105.

SILBERBAUER, GEORGE B.(1994): "A sense of Place". En: BURCH, ERNEST S.;ELLANA, LINDA J. (eds.), *Key issues in Hunter-Gatherer research*; pp. 119-143. Berg Publishers; Oxford.

SPIKINS, P.(1996): "Rivers, boundaries and change. A hypothesis of changing settlement patterns in the Mesolithic of Northern England." En: POLLARD, TONY;MORRISON, ALEX (eds.), *The Early Prehistory of Scotland.*; pp. 87-107. Edinburgh University Press; Edinburgh.

SPIKINS, P.(1997): "Population increase in the Mesolithic: a GIS perspective." En: JOHNSON, I.;NORTH, M. (eds.), *Archaeological Applications of GIS: Proceedings of Colloquium II, UISPP XIIIth Congress, Forli, Italy, September 1996*. Sydney

University; Sydney. Sydney University
Archaeological Methods Series

STRAUS, LAWRENCE G.(1992):
*Iberia before the Iberians. The Stone
Age Prehistory of Cantabrian Spain*
University of New Mexico Press;
Albuquerque.

STRAUS, LAWRENCE G.;
GONZÁLEZ MORALES,
MANUEL(2003): "El Mirón Cave and
the 14C chronology of Cantabrian
Spain". *Radiocarbon*, 45, nº 1: 41-58.

STRAUS, LAWRENCE G.;
GONZÁLEZ MORALES, MANUEL;
GARCÍA-GELABERT, MARIA
PAZ(2002): "Last Glacial Human
Settlement in Eastern Cantabria

(Northern Spain)". *Journal of
Archaeological Science*, 29: 1403-1414.

URIARTE CANTOLLA,
ANTON(2003): *Historia del clima de la
Tierra* Gobierno Vasco; Vitoria.

UZQUIANO OLLERO,
PALOMA(2000): "El aprovechamiento
del bosque durante el Tardiglacial y el
Holoceno en la cuenca de Arudy
(Pirineos Occidentales, Francia)."
Complutum, 11: 143-156.

WESCOTT, KONNIE; BRANDON,
JOE (eds.)(2000): *Practical
applications of GIS for archaeologist. A
predictive modeling kit.*
Taylor&Francis. London